

А.А. Акиол ¹, Б.С. Сиздинов ^{*2}, М.Гурсой ³

¹ Профессор, Анкара Хаджи Байрам Вели Университеті, Көркем өнер факультеті, Мәдени мұраны қорғау және қалпына келтіру бөлімі, Тарихи материалдарды зерттеу және қорғау зертханасы (МАКЛАБ). Анкара қ., Түркия, E-mail: aliakinakyol@hbv.edu.tr

² PhD, доцент. Қожас Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Археология-ғылыми зерттеу институтының жетекші ғылыми қызметкері, Түркістан қ., Қазақстан, E-mail: bagdaulet.sizdikov@ayu.edu.kz

³ PhD, доцент. Қожас Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Археология-ғылыми зерттеу институтының жетекші ғылыми қызметкері, Түркістан қ., Қазақстан, E-mail: muzaffer.gursoy@ayu.edu.kz

САЗ ЫДЫС БӨЛІКТЕРІНЕ ЖҮРГІЗІЛГЕН ПЕТРОГРАФИЯЛЫҚ ТАЛДАУ НӘТИЖЕСІ (КҮЛТӨБЕ МАТЕРИАЛДАРЫ НЕГІЗІНДЕ)

Аңдатпа

2024 жылы Күлтөбе қалашығының цитадел бөлігінде археологиялық ғылыми-зерттеу жұмыстары жүргізілді. зерттеу жұмыстары барысында 3 құрылыс қабаты аршылып, көптеген саз ыдыс бөліктері жинақталды. Қазіргі таңда жаратылыстану ғылымы саласының зерттеу әдістеріне сүйене отырып, саз ыдыстардың жасалу технологиясын, күйдіру темпратурасы, сазының химиялық құрамын, шикізаттың алынған орнын және т.б. ерекшеліктерін анықтау мақсатында петрографиялық талдаулар жұмыстары жүргізілуде. Бұл зерттеу әдісі саз ыдыстарды пәнаралық негізде зерттеудің озық үлгісі болып табылады. Күлтөбе қалашығында 2024 жылы жүргізілген зерттеулер барысында алынған саз ыдыстар арасынан он данасына Түркия Республикасының Анкара қаласындағы REDEVIO AR-GE Bilgi ve Operasyon Teknolojileri және Тарихи материалдарды зерттеу және консервациялау (МАКЛАБ) зертханаларында петрографиялық талдау жұмыстары жүргізілді. Саз ыдыс бөліктерін құжаттау жұмыстары аясында олардың түстері сандық түсті өлшегіш (хромометр) арқылы, ал қалыңдығы сандық қалыңдық өлшегіш (thicknessmeter) арқылы анықталды. Петрографиялық зерттеулер барысында үлгілердің петрографиялық ерекшеліктері жұқа кесінділері арқылы оптикалық микроскопиялық талдау көмегімен, ал олардың химиялық құрамы поляризацияланған рентген флуоресценциясы XRF және SEM-EDX талдау әдістерімен зерттелді. Талдау нәтижесінде саз ыдыстардың күйдіру дәрежесі, қалыңдығы және химиялық құрамы анықталып, шикізат көзінің орны жайында (саздың алынған жері) тұжырым жасалынды.

Кіліт сөздер: Келес, Күлтөбе, саз ыдыс, петрография, қалашық, орта ғасыр

Алғыс: Мақала AP19678134 «Келес өңірінде орналасқан ежелгі Күлтөбе қалашығында археологиялық және пәнаралық зерттеулер жүргізу» тақырыбындағы ғылыми жоба негізінде дайындалды.

Акиол А.А. ¹, Сиздинов Б.С. *², Гурсой М. ³

¹ Профессор, университет Хаджи Байрама Вели, факультет изящных искусств, кафедра охраны и реставрации культурного наследия, Лаборатория исследования и охраны исторических материалов (MAKLAB). Анкара, Турция, e-mail: aliakinakyol@hbu.edu.tr

² PhD, доцент, Международного казахско-турецкого университета имени Ходжа Ахмеда Ясави, научный сотрудник Научно-исследовательского института археологии, Туркестан, Казахстан, E-mail: bagdaulet.sizdikov@ayu.edu.kz

³ PhD, доцент, Международного казахско-турецкого университета имени Ходжа Ахмеда Ясави, научный сотрудник Научно-исследовательского института археологии, Туркестан, Казахстан, E-mail: muzaffer.gursoy@ayu.edu.kz

РЕЗУЛЬТАТЫ ПЕТРОГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ФРАГМЕНТОВ ГЛИНЯНОЙ ПОСУДЫ (НА ОСНОВЕ МАТЕРИАЛОВ КУЛТОБЕ)

Аннотация

В 2024 году были проведены археологические научно-изыскательные работы на цитадели городища Култобе. В ходе изыскательных работ были вскрыты 3 строительных горизонта, был собран большой объем фрагментов керамики. В настоящее время на основе методов исследования в области естественных наук проводятся петрографические анализы с целью определения технологии изготовления глиняной керамики, температурой обжига, химического состава глины, места получения сырья и др. Этот метод исследования является передовым примером междисциплинарного изучения глиняной керамики. По итогам исследования 2024 года на городище Култобе были отобраны образцы 10 глиняной керамики для проведения петрографического анализа в лабораториях REDEVIO AR-GE Bilgi ve Operasyon Teknolojileri и исследования и консервации исторических материалов (MAKLAB) в Анкаре, Турецкая Республика. В рамках работ по документированию фрагментов глиняной керамики, их цвета определялись с помощью цифрового цветомера (хромаметра), а толщина определялась с помощью цифрового толщиномера (thicknessmeter). В ходе петрографических исследований петрографические особенности образцов изучались с помощью оптического микроскопического анализа через тонкие срезы, а их химический состав-методами анализа поляризованной рентгеновской флуоресценции XRF и SEM-EDX. По результатам анализа были определены степень обжига, густота и химический состав глиняной керамики и сделаны выводы о месте источника сырья (месте получения глины).

Ключевые слова: Келес, Култобе, глиняная посуда, петрография, городище, средневековье.

Благодарность: Статья подготовлена в рамках научного проекта AP19678134 «Проведение археологических и междисциплинарных исследования на древнем городище Култобе расположенном в Келеском регионе».

Akyol A.A. ¹, Sizdikov B.S. ^{*2}, Gursoy M. ³

¹ Professor, Hacı Bayram Veli University, Faculty of Fine Arts, Department of Conservation and Restoration of Cultural Heritage, Laboratory for Research and Conservation of Historical Materials (MAKLAB). Ankara, Turkey, e-mail: aliakinakyol@hbv.edu.tr

² PhD, Assoc.Prof. Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University, Senior researcher of the Research Institute of Archaeology, e-mail. bagdaulet.sizdikov@ayu.edu.kz
Turkistan, Kazakhstan

³ PhD, Assoc.Prof. Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University, Senior researcher of the Research Institute of Archaeology, e-mail. muzaffer.gursoy@ayu.edu.kz
Turkistan, Kazakhstan

RESULTS OF PETROGRAPHIC ANALYSIS OF POTTERY FRAGMENTS (BASED ON MATERIALS FROM KULTOBE)

Abstract

In 2024, archaeological research works were carried out at the citadel of the Kultobe settlement. In the course of survey work, 3 construction horizons were uncovered and a large volume of ceramic fragments was collected. At present, petrographic analyses are carried out on the basis of research methods in the field of natural sciences in order to determine the technology of clay ceramics production, firing temperature, chemical composition of clay, place of raw materials obtaining, etc. The research method is an advanced example of the advanced research in the field of natural sciences. This research method is an advanced example of interdisciplinary study of clay ceramics. As a result of the 2024 study, 10 clay pottery samples were collected from the Kultobe site for petrographic analysis at the REDEVIO AR-GE Bilgi ve Operasyon Teknolojileri and Historical Materials Research and Conservation (MAKLAB) laboratories in Ankara, Republic of Turkey. As part of the documentation work of the clay pottery fragments, their colors were determined using a digital color meter (chromameter) and their thicknesses were determined using a digital thicknessmeter. During petrographic studies, the petrographic features of the samples were studied by optical microscopic analysis through thin sections, and their chemical composition was studied by XRF and SEM-EDX polarized X-ray fluorescence analysis. The results of the analysis were used to determine the degree of firing, density and chemical composition of the clay ceramics and to draw conclusions about the source of raw materials (the place of clay production).

Keywords: Keles, Kultobe, pottery, petrography, settlement, Middle Ages

Gratitude: The article was prepared on the basis of the scientific project AP19678134 «Carrying out archaeological and interdisciplinary research on the ancient settlement of Kultobe located in the Keles region».

Кіріспе.

Петрографиялық талдаулар археология ғылым саласында маңызды зерттеулердің бірі ретінде кеңінен қолданылады. Бұл әдіс жер қыртысының химиялық және минералдық құрамын терең зерттеп, табиғи материалдардың құрылымдық ерекшеліктерін анықтауға мүмкіндік береді. Жәдігерлер мен құрылыс материалдарын петрографиялық тұрғыдан зерттеу арқылы олардың құрамындағы минералдар, микроқұрылымдар және технологиялары туралы маңызды деректер алуға болады. Мысалы, саз ыдыстардың құрамын зерттеу арқылы олардың қай жерде дайындалғаны, қандай шикізаттар қолданылғаны және қалай өндірілгені туралы нақты ақпарат алуға болады. Тас құралдардың петрографиялық анализі, өз кезегінде, ол тастардың қай жерлерден алынғанын анықтауға көмектеседі.

Петрографиялық талдаулар мәдениетаралық байланыстарды және халықтардың өзара ықпалдастығын анықтауға да мүмкіндік береді. Егер белгілі бір материалдардың құрамындағы

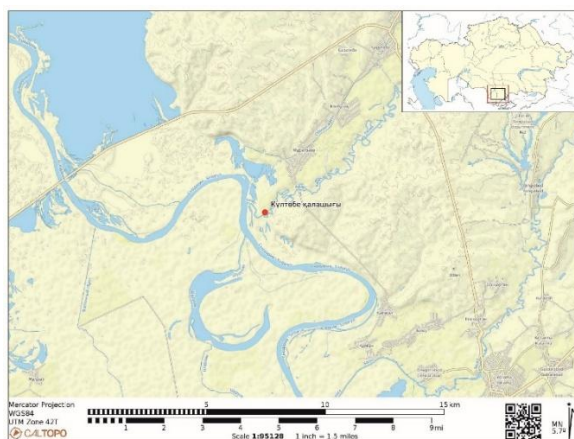
минералдар мен тастардың бір-біріне ұқсастығы байқалса, онда ол сол уақыттағы түрлі мәдениеттердің бір-бірімен қарым-қатынасы немесе ортақ шаруашылық әрекеттерін айғақтайды. Сонымен қатар, петрографиялық таладулар археологиялық ескерткіштердің хронологиясын нақтылауға да ықпал етеді. Егер белгілі бір минералдық құрам немесе өңдеу тәсілі белгілі бір кезеңде ғана қолданылған болса, онда бұл әдіс археологтарға тарихи жәдігерлердің нақты уақытын белгілеуге мүмкіндік береді.

Қазіргі замандағы петрографиялық талдау әдістері жоғары деңгейде дамып, жаңашыл құралдар мен әдістердің көмегімен зерттеулерді тереңдетуге және нақты нәтижелер алуға жол ашуда. Бұл археологияның басқа ғылымдармен, әсіресе геология, химия және физика салаларымен байланысын арттырады. Сонымен қатар әртүрлі табиғи және мәдени факторларды зерттеуге мүмкіндік береді.

Саз ыдыстарды петрографиялық әдіспен талдау Қазақстан археологиясында соңғы жылдары кеңінен қолға алына бастады. Мақалада 2024 жылы Келес өзенінің төменгі ағысындағы Күлтөбе қалашығынан табылған саз ыдыс бөліктеріне жүргізілген петрографиялық талдаулардың нәтижесі келтірілген. Мұндай зерттеулер арқылы әр бір өңірдегі саз ыдыстардың химиялық құрамының мәліметтер қоры қалыптасып, сол мәдениеттің саз ыдыстарды өндірудегі жергілікті жетістіктері мен мәдениеттер арасында жасаған қарым қатынасы және т.б. ерекшеліктері айқындала түседі.

Материалдар мен әдістер. Мақаланың материалдарын 2024 жылы Күлтөбе қалашығына табылған саз ыдыс бөліктері құрайды. Мақаланың теориялық бөлімінде қалашықтың географиялық орналасуы қарастырылып, зерттелу тарихына қысқаша шолу жасалған. Саз ыдыс бөліктерінің элементтік құрамы поляризацияланған энергия таратушы рентген флуоресценциясы (PED-XRF) әдісімен анықталды (Сурет 4 және Кесте 4) [22]. Талдау жасалатын үлгілер агат ыдысында ұнтақталып, 32 мм дискілерге престелді. Әрбір диск XRF талдауында қолданылатын химиялық заттармен (waxes) араластырылып, құрылғыға орналастырылды. Бұл зерттеуде X-LAB 2000 моделі PED-XRF спектрометрі қолданылды. X-LAB 2000 PED-XRF спектрометрі 11-ші реттік натрийден (Na) 92-ші реттік уранға (U) дейінгі элементтерді анықтай алады. Құрылғының анықтау шегі ауыр элементтер үшін 0,5 ppm, ал жеңіл элементтер үшін 10 ppm құрайды. Жоғары температурадағы (950°C) массалық жоғалту (LOI) нәтижесінде литий, бор және фтор элементтері анықталмайды. Талдау барысында негізгі және қосымша элементтер пайызбен (%), ал із элементтер ppm (млн-да бірлік) бірлігінде өлшенді. Зерттеуде USGS (АҚШ Геологиялық Қызметі) стандарттары және GEOL, GBW-7109, GBW-7309 эталондық материалдары қолданылды.

Күлтөбеден табылған саз ыдыстардың жасалу технологиясын зерттеу мақсатында SEM-EDX талдаулары жүргізілді. SEM-EDX талдауы Hitachi SU5000 электронды сканерлеуші электронды микроскопы (FE-SEM) көмегімен жүзеге асырылды. Талдаудан бұрын үлгілер LEICA ACE 200 құрылғысында алтынмен қапталды, осылайша олардың беткі қабаттары өткізгіштік қасиетке ие болды. Микроскоптың ажыратымдылығы 1.20 нм (30 кВ) - 3.00 нм (1 кВ), ал үлкейту диапазоны 30x - 1.500.000x (0,5 - 30 кВ) аралығында болды.



1-сурет. Күлтөбе қалашығының географиялық орны

Күлтөбе қалашығының географиялық орны

Күлтөбе қалашығы, Түркістан облысы, Келес ауданына қарасты Ғани Мұратбаев ауылынан 2 шақырым оңтүстікте, Келес өзенінің оң жағасындағы табиғи төбешіктің үстінде орналасқан (1-сурет) [1]. Географиялық координаты: N 4540702.838, E 467896.822, теңіз деңгейінен биіктігі – 234.000 м. Қалашықтың жалпы аумағы 8,5 гектар жерді алып жатыр. Жер бедерінен қалашықтың орны айқын байқалады. Қалашық ерте ортағасырлық қалалар секілді цитадель, шахристан және рабад бөліктерінен тұрады (2-сурет).

Ескерткіштің орналасқан аймақтың тарихи атауы «Келес даласы» деп аталуда. Келес даласы Ұлы Жібек жолының бойындағы маңызды аймақтардың бірі саналған. Себебі Сайрам және Шымкент қалаларынан Шаш (Ташкен) қаласына жолға шыққан керуен Келес даласынан өтетін болған. Бұған Келес даласында жүргізілген археологиялық зерттеулер барысында анықталған 65 қала негіз болуда. Ал Шаш (Ташкен) қаласынан Отырар, Ясы қалаларына жолға шыққан керуен Келес даласы арқылы өтіп, Сырдария өзенін бойлай Үтіртөбе, Ақтөбе, Шаушықұмтөбе, Шардара, Сүскент, Байыркұм және т.б. қалалар арқылы Отырар және Ясы қалаларына жетіп отырған.



2-сурет. Күлтөбе қалашығының әуеден көрінісі

Күлтөбе қалашығында жүргізілген археологиялық зерттеу жұмыстары

Күлтөбе қалашығы Келес ауданындағы қаңлы кезеңіне жататын ескерткіштің бірі болып табылады. Бұл қалашықта 2017 жылы т.ғ.д., профессор А.Н.Подушкин зерттеу жұмыстарын жүргізеді. Аталған зерттеуші бастапқыда қалашық маңында барлау жұмыстарын жүргізіп, топографиялық ерекшелігі мен қорғаныс жүйесі жайында мәліметтер жинақтайды. Сонымен қатар қалашықтың бетінде жатқан саз ыдыс бөліктерін жинап, бұларды алдын ала IV–VI ғасырларға мерзімдейді. Дәл осы жылы қалашықтың цитаделіне, оңтүстік төменгі бөлігіне, Келес өзенінің арнасына жақын жерге 2×2 метр көлемінде барлау кесіктерін салу арқылы зерттеген. Бұл қазба жер бетінен есептегенде 1,3–1,45 м тереңдікке дейін жүргізіледі. Нәтижесінде топырақ жамылғысының ерекшелігін анықтап көптеген саз ыдыс бөліктерін анықтаған. Зерттеуші табылған саз ыдыстардың өрнегін және ангобын негізге ала отырып бұларды VI–VIII ғасырларға мерзімдейді [2, 101]. 2017 жылы Тұран археологиялық экспедициясы т.ғ.д., профессор М.Елеуовтың жетекшілігімен Күлтөбенің цитаделінің өзен суы бұзып жатқан оңтүстік бұрышына қазба салды. Нәтижесінде қалашықтың құрылысына байланысты мәліметтер алынып ғылыми нәтижелер конференцияларда баяндалды [3, 196]. Көрсетілген жылдан кейін бұл қалашықта ешқандай археологиялық зерттеу жұмысы жүргізілмеді. Осыдан кейін қалашықтаң қоғаныс жүйесін, қоғамдық орындарын, жалпы құрылыс ерекшелігін, қалыптасуы мен құлдырау кезеңдерін анықтау мақсатында 2023 жылы зерттеу жұмыстары қайта қолға алынды. Бұл жылы қалашықты зерттеуге Қазақстан Республикасының Ғылым және жоғары білім министрлігі,

Ғылым комитеті қаржылай қолдау көрсетті. Зерттеу жұмыстарына Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Археология ғылыми-зерттеу институтының жетекші ғылыми қызметкері Б.С.Сиздинов жетекшілік жасады. Зерттеу тобы 2024 жылы қалашықтың цитадел бөлігінде археологиялық қазба жұмыстарын жүргізді. Қазба жұмысы барысында 3 құрылыс қабаты анықталып, көптеген саз ыдыс бөліктері алынды. Бұлардың 10 данасына Түркия Республикасының Анкара Хажы Байрам Вели университетінің REDEVIO AR-GE Bilgi ve Operasyon Teknolojileri және Тарихи материалдарды зерттеу және консервациялау (MAKLAB) және Анкара қаласындағы Анкара университетінің Жер қойнауын зерттеу орталығы (YEBİM) зертханаларында петрографиялық талдау жұмыстары жүргізіліп, химиялық құрамы жайында мәліметтер алынды. Бұл мәліметтер Күлтөбеліктердің саз ыдыс жасау әдісін, саздың шикізат көзін, технологиялық тұрғыдан жеткен жетістіктерін және т.б. ерекшеліктерін анықтауға мүмкіндік береді.

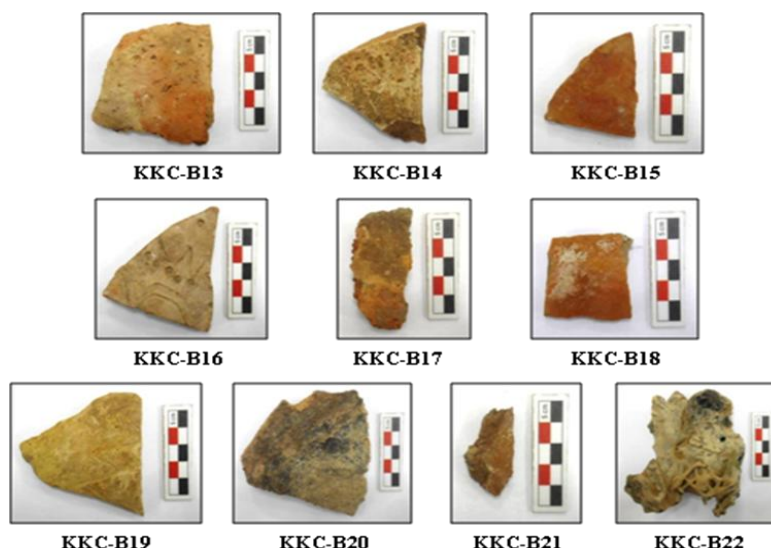
1-кесте. Күлтөбе қалашығынан алынған саз ыдыс бөліктері

Үлгілер, шифр	Мәдени қабат	Сипаттама	
ККС-В13	3	Күлтөбе қалашығы, 2024 ж, сырсыз саз ыдыс бөліктері	саз ыдыс бөлігі
ККС-В14		Күлтөбе қалашығы, 2024 ж, сырсыз саз ыдыс бөліктері	
ККС-В15		Күлтөбе қалашығы, 2024 ж, сырсыз саз ыдыс бөліктері	
ККС-В16		Күлтөбе қалашығы, 2024 ж, сырсыз саз ыдыс бөліктері	
ККС-В17		Күлтөбе қалашығы, 2024 ж, сырсыз саз ыдыс бөліктері	
ККС-В18		Күлтөбе қалашығы, 2024 ж, сырсыз саз ыдыс бөліктері	
ККС-В19		Күлтөбе қалашығы, 2024 ж, сырсыз саз ыдыс бөліктері	
ККС-В20		Күлтөбе қалашығы, 2024 ж, сырсыз саз ыдыс бөліктері	
ККС-В21		Күлтөбе қалашығы, 2024 ж, сырсыз саз ыдыс бөліктері	
ККС-В22		Күлтөбе қалашығы, 2024 ж, шлак	шлак

Петрографиялық талдау нәтижесі.

Жалпы саз ыдыстар күйдіру процесінен өткендіктен, басқа материалдарға қарағанда өте аз бүлінуге ұшырайды. Сондықтан саз ыдыстарды жасаудың технологиясын анықтау мен ескерткішті мерзімдеу кезінде негізгі материалдардың бірі болып саналады. Осындай артықшылығының арқасында саз ыдыстар археологтар үшін ерекше ақпарат көзіне айналады [4; 5]. Саз ыдыстар негізінен саздан жасалғандықтан бұл олжаларға жасалатын петрографиялық зерттеулер де көбінесе минералдық және химиялық сипатта болады [6]. Соңғы жылдары батыс елдеріндегі археологтар арасында саз ыдыстарға петрографиялық талдау жүргізу әдісі кеңінен қолданыла бастады. Жоғарыда да атап өткеніміздей петрографиялық талдау арқылы саз ыдыстардың жасалған жері нақтылана түседі [7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19].

2024 жылы Күлтөбе қалашығынан табылған саз ыдыс бөліктеріне петрографиялық талдаулар Анкара Хажы Байрам Вели университетінің REDEVIO AR-GE Bilgi ve Operasyon Teknolojileri және Тарихи материалдарды зерттеу және консервациялау (MAKLAB) және Анкара қаласындағы Анкара университетінің Жер қойнауын зерттеу орталығы (YEBİM) зертханаларында жүргізілді. Сондай-ақ, саз ыдыс бөліктеріне SEM-EDX талдаулар Анкара Йылдырым Бейазыт университетінің Орталық зерттеу зертханасы (AYBU MERLAB) базасында жүзеге асырылды. Күлтөбе қалашығынан табылған 10 дана саз ыдыс бөлігіне петрографиялық талдау жасалды. Петрографиялық талдау жүргізілмес бұрын саз ыдыс бөліктеріне визуалды түрде шолу жасалып, суретке түсіріліп, құжатталып және кодталды (Сурет 3 және Кесте 1).



3-сурет. петрографиялық талдау жасалынған саз ыдыс бөліктері

Саз ыдыс бөліктерінің қалыңдығы сандық қалыңдық өлшегіш құралымен, ал олардың түстері хромаметриялық (түсті анықтау) құрылғысымен анықталды. Түс талдаулары CIE Lab (Commission Internationale de L'Eclairage) стандартты түс жүйесі негізінде жүргізілді (2-кесте). Үлгілердің түс кодтарындағы (L) мәні түстің ашықтық деңгейін, (+a) мәні қызыл түстің қанықтығын, (-a) мәні жасыл түстің қанықтығын, (+b) мәні сары түстің қанықтығын, ал (-b) мәні көк түстің қанықтығын білдіреді.

2-кесте. Саз ыдыс бөліктерінің түстері (CIE Lab)

Үлгілер, шифр	L	a	b
ККС-В13	42,73	9,77	26,09
ККС-В14	39,08	10,10	27,09
ККС-В15	32,21	11,88	22,32
ККС-В16	34,04	7,53	19,13
ККС-В17	34,62	9,38	25,95
ККС-В18	28,49	4,71	15,20
ККС-В19	37,57	1,19	14,60
ККС-В20	35,09	11,32	23,10
ККС-В21	25,79	12,83	19,45
ККС-В22	32,63	-0,85	2,37
Орташа үлесі	34,23	7,79	19,53

Саз ыдыс бөліктерінің петрографиялық ерекшеліктері жұқа кесінділері арқылы поляризацияланған оптикалық микроскопия әдісімен зерттелді (Сурет 4 және Кесте 3). Оптикалық микроскопиялық талдаулар жүргізу үшін үлгілер сыртқы қабаттарынан ішкі құрылымына дейін барлық деңгейлерді көрсете алатындай арнайы шайырмен (арилдит) қатайтылып дайындалды. Үлгілер кескіш құралмен бөлшектеліп, микроскоптық пластиналарға бекітіліп, кейін қажетті қалыңдыққа дейін жұқартылып дайындалды [20; 21]. Үлгілерді талдау үшін төменгі және жоғарғы жарықтандырғышы бар LEICA Research Polarizan DMLP микроскопы қолданылды. Кесінділердің фотосуреттері микроскопқа қосылған Leica DFC280 сандық камерасы арқылы түсіріліп, "Leica Qwin Digital Imaging" бағдарламасы арқылы талдау жүргізілді. Үлгілердің матрицасы мен оны

құрайтын агрегаттардың көлемі, тау жыныстарының түрлері мен шығу тегі, жыныстар мен минерал түйіршіктерінің қатынасы "Point Counting Method" (нүктелік санау әдісі) бойынша анықталды.

3-кесте. Күлтөбе қалашығындағы саз ыдыс бөліктерінің петрографиялық ерекшелігі

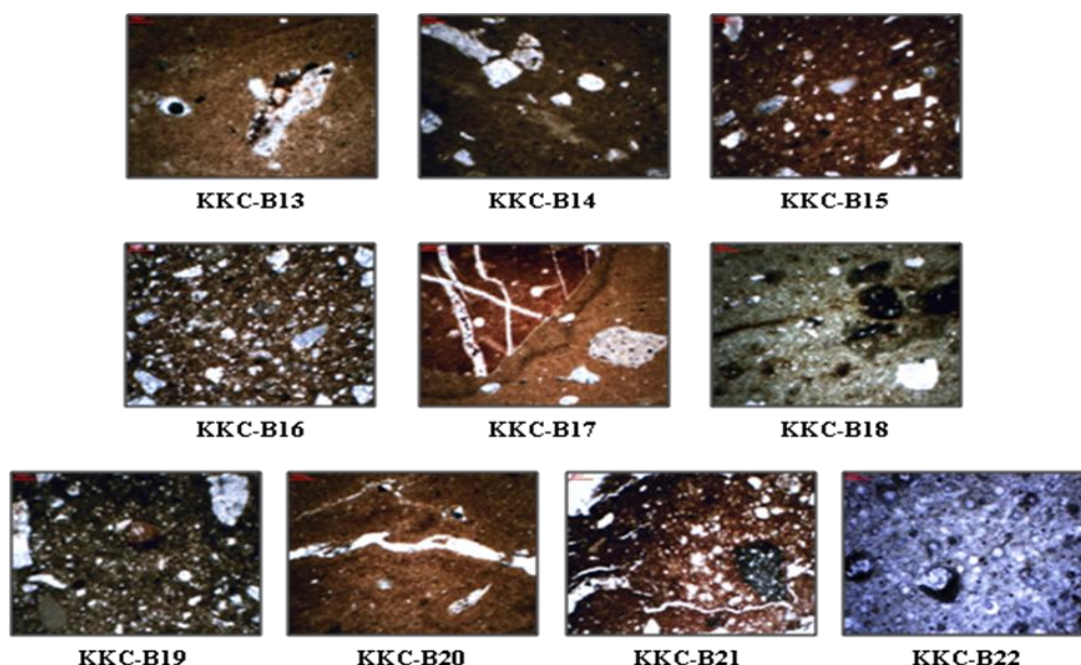
Үлгілер, шифр	T (°C)*	P (%)	МТА (%)	Құрмындағы қоспалардың көлемі***	Түйіршіктер мен Минералдар**	Қоспалардың түрі
ККС-В13 ККС-В17	900-950	5	15	ірі	Q,Ç,Pl,Py,B,Op	Сазды базальт
ККС-В14 ККС-В15 ККС-В16 ККС-В19	850-900	6	25	орташа	Q,Ç,Pl,Py,Ol,Op	
ККС-В18	850-900	7	20	орташа	Q,Pl,Py,Op	
ККС-В20	900-950	8	18	ірі	Q,Ç,Pl,Ks,B,Op	
ККС-В21	900-950	4	10	кіші	Q,Pl,Py,Op	
ККС-В22	750-800	3	5	кіші	Q,Ç,Ks,Sr,Op	сазтас

(*) Т: Күйдіру температурасы, Р: кеуектілігі, МТА: Матрицаның жалпы жиынтық қатынасы

(**) В: Базальт, Ç: Сланец, Кс: Халцедон, Оп: Мөлдір емес минералдар, Ол: оливин,

Pl: плагиоклаз, Py: пироксен, Q: Кварц, Sr: серицит

(***) кіші / орташа / ірі (mm) : <0,5 / 0,5-1,0 / >1,0

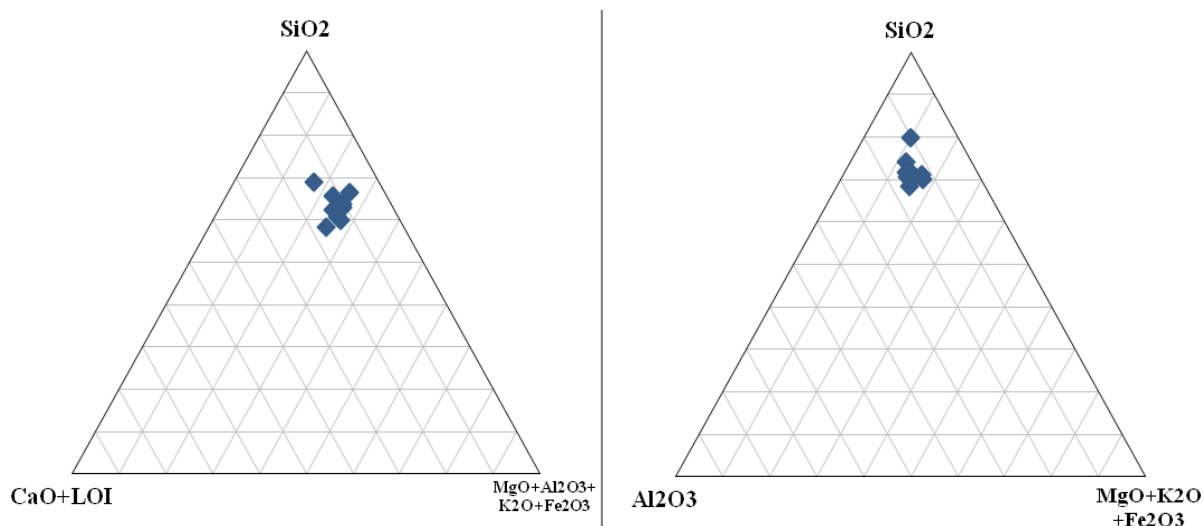


4-сурет. Саз ыдыс бөліктерінің кесік көрінісі

4-кесте. Саз ыдыс бөліктеріне жасалынған PED-XRF анализ нәтижесі

Элемент	қоспа	ККС- B19	ККС- B20	ККС- B21	ККС- B22	Орташа	SD
Na ₂ O	%	0,350	0,780	1,01	1,00	0,835	0,22
MgO		3,21	2,50	1,87	1,83	3,44	1,68
Al ₂ O ₃		12,27	12,66	12,93	8,54	11,85	1,63
SiO ₂		61,53	64,57	61,70	67,95	61,62	3,32
P ₂ O ₅		0,279	0,191	0,193	0,150	0,205	0,03
SO ₃		0,094	0,748	0,264	0,127	0,619	0,74
Cl		0,017	0,063	0,209	0,013	0,279	0,28
K ₂ O		3,15	3,91	3,21	2,83	3,33	0,35
CaO		11,29	5,76	1,39	11,02	8,17	2,96
TiO ₂		0,542	0,585	0,727	0,626	0,573	0,07
V ₂ O ₅		0,021	0,018	0,015	0,018	0,018	0,002
Cr ₂ O ₃		0,010	0,008	0,025	0,015	0,012	0,005
MnO		0,126	0,116	0,128	0,075	0,104	0,02
Fe ₂ O ₃		5,69	6,25	6,38	3,77	5,41	0,89
LOI*		1,57	1,58	9,74	2,58	3,53	3,14
Co	ppm	30,4	31,1	43,6	40,6	32,8	10,03
Ni		35,5	41	33,5	29,1	37,3	5,36
Cu		36,6	34,9	31,6	14,2	28,2	6,32
Zn		109,7	93,9	76,8	56	86,0	16,25
Ga		17,3	22,8	20,6	13,9	18,1	2,83
Ge		0,9	1,2	0,4	0,9	1,0	0,60
As		7,8	18,1	5,3	9,4	10,6	4,62
Se		0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,03
Br		0,7	1,5	3,5	0,2	6,4	6,66
Rb		122,2	146,1	103,9	87,2	114,8	16,22
Sr		323,1	321,3	168,4	337	392,8	240,04
Y		25,1	28,2	31,6	25,5	24,9	3,03
Zr		137	189,9	198,6	217,1	171,0	24,92
Nb		17,8	12,5	12,7	16,1	13,9	2,53
Mo		4,6	3	3	8,6	3,9	1,81
Cd		0,9	0,8	0,9	0,9	0,9	0,07
In		0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,03
Sn		2,2	3,4	2,5	1,8	2,3	0,76
Sb		1,5	0,9	1	0,8	1,0	0,22
Te		1,3	1,3	1,4	1,2	1,3	0,08
I		2,2	2,3	2,4	2,1	2,2	0,11
Cs		3,8	3,8	4,4	3,7	3,8	0,23
Ba		747,4	879,2	554,1	571	676,9	103,11
La		28,4	36,4	29,3	27,9	29,0	5,03
Ce		79,2	82,5	76,1	59,3	64,4	13,57
Hf		5,1	4,4	4,9	5,5	4,4	1,16
Ta		4,4	3,6	3,3	2,8	3,6	0,62
W		2,8	2,7	2,4	2,4	2,6	0,27
Hg		0,8	0,8	0,7	0,7	0,8	0,07
Tl		0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,13
Pb		31,4	41	25,2	20	24,9	8,38
Bi		0,6	0,5	0,6	0,6	0,6	0,07
Th		16,6	18,5	11,3	11,4	13,9	2,54
U		9	8,1	7,8	8,7	8,1	0,58

(*) LOI: Loss on Ignition



5-сурет. Саз ыдыс бөліктеріне жасалынған PED-XRF талдау нәтижесіне қарай топтастыру

Қорытынды.

Күлтөбе қалашығынан табылған 10 дана саз ыдыс бөлігіне археометриялық зерттеу жүргізілді (3-сурет және 1-кесте). Саз ыдыстардың қалыңдығы сандық қалыңдық өлшегішпен 0,01 мм дәлдікпен анықталды. Үлгілердің қалыңдығы 6,21 – 16,58 мм (орташа 10,48 мм, мин. 6,21 мм, макс. 12,75 мм) аралығында өзгерді (5-кесте).

5-кесте. Саз ыдыс бөліктерінің қалыңдығы

Үлгілер, шифр	қалыңдық мин. (mm)	қалыңдық макс. (mm)
ККС-B13	8,21	9,35
ККС-B14	12,33	14,71
ККС-B15	6,21	7,54
ККС-B16	8,92	9,51
ККС-B17	11,21	15,64
ККС-B18	12,54	13,81
ККС-B19	7,21	8,94
ККС-B20	9,15	12,05
ККС-B21	12,41	14,57
ККС-B22	16,58	21,35
Орташа	10,48	12,75

Саз ыдыс бөліктері петрофизикалық ерекшеліктеріне қарай 6 топқа бөлінді (Сурет 3 және Кесте 3). Жалпы алғанда, саз ыдыс бөліктерінің 3-8% аралығындағы кеуектілікке ие екендігі анықталды (Сурет 4 және Кесте 3). Матрица/дән арақатынасы бойынша қарастырғанда саз ыдыс бөліктерінде 5-25% аралығында агрегат бар екендігі анықталды (Сурет 4 және Кесте 3). Саз ыдыс бөліктерінің қоспа/дәндер ұсақталған және негізінен електен өткізілмеген, әртүрлі өлшемдегі жергілікті вулкандық жыныс сынықтарынан дайындалғандығы белгілі болды (Сурет 4 және Кесте 3). Саз ыдыс бөліктері ұсақ (<0,5 мм), орташа (0,5-1,0 мм) және ірі (>1,0 мм) дәнді, гетерогенді қоспалардан тұратындығы анықталды (Сурет 4 және Кесте 3). Саз ыдыстардың көпшілігінде тастардың белгілі бір бағытта екендігі байқалады. Бұл саз ыдыстардың құмырашы шарығында жасалғанын көрсетеді (Сурет 4).

1-топтағы саз ыдыс бөлігі: 900-950°C температурада күйдірілген. Саз ыдыс бөліктерінде (ККС-B13 және ККС-B17) анықталған қоспалар (15% минералдар мен жыныстар): кварц,

халцедон, плагиоклаз, пироксен, базальт және опал минералдар. Түйіршіктердің өлшемі 1 мм-ден үлкен. Матрицасы 5% кеуектілікке ие, ал түйіршіктер гетерогенді (ретсіз) бөлінген. Үлгілерде құмырашы шарығы салдарынан бағытталған түйіршіктер байқалмайды. Құрамында жоғары дәрежеде саз байқалады. Саздың негізгі көзі – сазды базальт тұрады (Сурет 4 және Кесте 3).

2-топтағы саз ыдыс бөлігі: 850-900°C температурада күйдірілген. Саз ыдыс бөліктерінде (ККС-В14, ККС-В15, ККС-В16 және ККС-В19) анықталған қоспалар (25% минералдар мен жыныстар): кварц, халцедон, плагиоклаз, пироксен, оливин және опал минералдар. Түйіршік өлшемдері 0,5-1,0 мм аралығында. Матрицасы 6% кеуектілікке ие, ал түйіршік гетерогенді (ретсіз) бөлінген. Барлық саз ыдыс бөліктерінде құмырашы шарығында жасалуына тән бағытталған түйіршіктер байқалады. Саздың негізгі көзі – саз базальттан тұрады (Сурет 4 және Кесте 3).

3-топтағы саз ыдыс бөлігі: 850-900°C температурада күйдірілген. Саз ыдыс бөлігінде (ККС-В18) анықталған қоспалар (20% минералдар мен жыныстар): кварц, пироксен, плагиоклаз және опал минералдар. Түйіршіктердің өлшемдері орташа (0,5-1,0 мм). Матрицасы 7% кеуектілікке ие, ал түйіршіктер гетерогенді (ретсіз) бөлінген. Саз ыдыс бөлігінде құмырашы шарығында жасалуына тән бағытталған түйіршіктер байқалмайды. Саздың негізгі көзі – саз базальттан тұрады (Сурет 4 және Кесте 3).

4-топтағы саз ыдыс бөлігі: 900-950°C температурада күйдірілген. Саз ыдыс бөлігінде (ККС-В20) анықталған қоспалар (18% минералдар мен жыныстар): кварц, халцедон, плагиоклаз, базальт және опал минералдар. Түйіршік өлшемдері 1,0 мм-ден үлкен. Матрицасы 8% кеуектілікке ие, ал түйіршіктер біркелкі бөлінген. Саз ыдыс бөлігінде құмырашы шарығында жасалуына тән бағытталған түйіршіктер байқалмайды. Саздың негізгі көзі – саз базальттан тұрады (Сурет 4 және Кесте 3).

5-топтағы саз ыдыс бөлігі: 900-950°C температурада күйдірілген. Саз ыдыс бөлігінде (ККС-В21) анықталған қоспалар (10% минералдар мен жыныстар): кварц, плагиоклаз, пироксен және опал минералдар. Түйіршік өлшемдері 0,5 мм-ден кіші. Матрицасы 3% кеуектілікке ие, ал түйіршіктер салыстырмалы түрде гетерогенді бөлінген. Саздың негізгі көзі – саз базальттан тұрады (Сурет 4 және Кесте 3).

6-топтағы саз ыдыс бөлігі: 750-800°C температурада күйдірілген. Саз ыдыс бөлігінде (ККС-В22) анықталған қоспалар (5% минералдар мен жыныстар): кварц, халцедон, серицит және опал минералдар. Түйіршік өлшемдері 0,5 мм-ден кіші. Матрицасы 3% кеуектілікке ие, ал түйіршіктер салыстырмалы түрде біркелкі бөлінген. Құрамында жоғары дәрежеде саз байқалады. Саздың негізгі көзі – сазды тастан тұрады (Сурет 4 және Кесте 3).

Саз ыдыс бөліктерінің құрылымына қарағанда, олардың күйдіру температурасы 750-950°C аралығында екені байқалады (Сурет 4 және Кесте 3). Себебі 850°C және одан жоғары температураларда саз ыдыстардың сазы бұзылып, витрификация (шыңылтырлана) бастайды [23].

Саз ыдыс бөліктерінің химиялық құрамы PED-XRF талдауы арқылы анықталды. Саз ыдыс бөліктерінің химиялық құрамы азаю реттілігімен SiO₂ (орташа 61,62%), Al₂O₃ (орташа 11,85%), Fe₂O₃ (орташа 5,41%), CaO (орташа 8,17%) және MgO (орташа 3,44%) құрайды (Кесте 4). Саз ыдыстардың негізгі элементіндегі CaO уақыт өте келе топырақтан құрамына енген болуы мүмкін. Негізгі және енген элементтердің құрамына қарағанда саз ыдыс үлгілерінде айтарлықтай айырмашылық байқалмайды (Кесте 4: SD; негізгі элементтерде 0,002-3,32%). Енген элементтердің көпшілігінің бір-біріне жақын мөлшерде болуы жергілікті элементтердің құрылымы туралы ақпарат береді. Саз ыдыс бөліктеріндегі алюминий (Al₂O₃) мен кремний (SiO₂) мөлшерлерінің ұқсастығы немесе айырмашылықтары шикізат көздерін анықтауда маңызды көрсеткіш болып табылады. Саз ыдыс бөліктеріндегі негізгі элементтік құрамы бойынша топтастырылғанда (ККС-В22 шлактан басқа), олардың бір шикізат көзінен өндірілгені байқалады (Сурет 5). Осыған сүйене отырып, (ККС-В22-ден басқа) кем дегенде екі түрлі шеберханада өндірілгенін айтуға болады.

Стронций (Sr) геохимиялық тұрғыдан кальцийге (Ca) ұқсас және әктасты құрамдас материалдарда (ұлтас, әктас сияқты) кездеседі. Sr мөлшерінің 400 ppm-ден жоғары болуы шикізаттың түгелдей теңіз жағалауынан алынғандығын көрсетеді. Ал құрамында әктасы бар шикізатта Sr

мөлшері әдетте 150 ppm-ден төмен болады. Сонымен қатар, егер саз ыдыс жасау кезінде құрлықтан алынған шикізат пайдаланылса, онда цирконийдің (Zr) мөлшері 160 ppm-ден жоғары болады. Саз ыдыс бөліктерінің Sr және Zr орташа мәндері сәйкесінше 392,8 және 171,0 ppm болып табылады (Кесте 4). Sr және Zr мөлшерлеріне сүйене отырып, талдау жүргізілген саз ыдыстардың шикізаты көлден алынғандығын болжауға болады.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

1 Сиздиков Б.С., Қожжа М.Б., Сералиев А.А. Келес өңіріндегі ежелгі Күлтөбе қалашығының топографиялық құрылымы // Абай атындағы қазақ ұлттық педагогикалық университеті хабаршысы «Тарих және саяси-әлеуметтік ғылымдар» сериясы, №3(78), 2023. с.225-243.

2 Подушкин А.Н., Донец, А.Г. О первоначальном исследовании археологических объектов урочище Мынтобе / «Қазақстанның тарихи мәдени мұрасы: зерттеу, түсіндіру және сақтау мәселелері» атты «Х Оразбаев оқулары» халықаралық ғылыми-әдістемелік конференция материалдары. – Алматы: «Қазақ университеті», 2018. – с.99-104.

3 Елеуов М., Талеев Д., Есенов С., Молдахмет А. Ежелгі Күлтөбе қаласы мен Мыңтөбе қорымында 2017 – 2018 жылдары жүргізілген зерттеу жұмыстары // «Орталық Азияның ежелгі және дәстүрлі қоғамдарының тарихи – мәдени мұрасы: зерттеу, түсіндіру және сақтау мәселелері» атты «ХІІ Оразбаев оқулары» халықаралық ғылыми – әдістемелік конференция материалдары. 17 – 18 сәуір. Алматы: Қазақ университеті, 2020. – с.195 – 200.

4 Bayazit M., Akyol A.A. Medeniyetler Arasındaki Etkileşim Köprüsü: Seramik (Arkeometrik Yaklaşım), 9. Uluslararası Eskişehir Pişmiş Toprak Sempozyumu, 5-20 Eylül 2015, 9. Uluslararası Eskişehir Pişmiş Toprak Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Tepebaşı Belediyesi Yayınları, Eskişehir, 2015. 68-78.

5 Ökse A.T. Arkeolojik Çalışmalarda Seramik Değerlendirme Yöntemleri, Arkeoloji ve Sanat Yayınları. 2002.

6 Bayazit M., Akyol A.A., Ersan Eruş H.Ö., Taşkıran G. Spectroscopic Techniques in Ceramic Archaeometry (FTIR, RAMAN) - Seramik Arkeometrisinde Spektroskopik Yöntemler (FTIR, RAMAN), 10. Uluslararası Eskişehir Pişmiş Toprak Sempozyumu Bildiri Kitabı, Eskişehir, 2016. 647-657.

7 Akyol A.A., Tekkök, B. Kadioğlu Y.K., Demirci Ş. Tarsus, Gözlükule Erken Roma Dönemi Seramikleri Arkeometrik Çalışmaları. 22. Arkeometri Sonuçları Toplantısı, 2007. 99-114.

8 Akyol A.A., Demirci Ş., Türkmenoğlu A.G. “Archaeometric Studies on the Surface Pottery from Galatian Hilltop Sites”, Recent Studies on the Archaeology of Anatolia (Ed. Ergün Laflı ve Sami Patacı), BAR International Series 2750, England, 2015. 287-296.

9 Akyol A.A., Aydın M. Olba Kazısı Seramik Buluntuları Arkeometrik Analizleri, Selevcia Ad Calycadnm, Olba Kazısı Yayınları, Sayı: VI-2016, 2016. 413-431.

10 Akyol A.A., Aydın S. Olba Kazısı Tiyatro Seramik Buluntuları Arkeometrik Çalışmaları, Selevcia Ad Calycadnm, Olba Kazısı Yayınları, Sayı: VII-2017, 2017. 421-438.

11 Akyol A.A., Özdemir A., Kılınç Z. Murat Tepe Kazısı (Bingöl, Doğu Anadolu) Bizans Dönemi Seramikleri Arkeometrik Analizleri, SRMKA 2020-Seramik Araştırmaları Dergisi, Sayı: 2, 2020. 136-157.

12 Akyol A.A., Hüryılmaz H. Yenibademli Höyük Erken Tunç Çağ Seramiklerinde Arkeometrik Analizler, Parion Studies III Propontis ve Çevre Kültürleri - Propontis and Surrounding Cultures (Ed. Vedat Keleş), Ege Yayınları, 2021. 75-84.

13 Akyol A.A., Özdemir A. [Ayşe]. Murat Tepe Urartu Dönemi Seramiklerinin Arkeometrik Analizleri & Archaeometric Analyses of Urartian Period Ceramics from Murat Tepe, Murat Nehri Kıyısında Bir Urartu Yerleşimi Murat Tepe (Ed. Abdulkadir Özdemir ve Ziya Kılınç), Ege Yayınları, 2021a . 147-164.

14 Akyol A.A., Özdemir A. Murat Tepe Bizans Dönemi Seramiklerinin Arkeometrik Analizleri & Archaeometric Analyses of Byzantine Period Ceramics from Murat Tepe, Murat Nehri Kıyısında Bir Urartu Yerleşimi Murat Tepe (Ed. Abdulkadir Özdemir ve Ziya Kılınç), Ege Yayınları, 2021b . 183-196.

- 15 Aygün Ç.Ö., Kadioğlu Y.K., Akyol A.A. Elazığ, Hazar Gölü Altındaki Batık Yerleşimlere Ait Seramiklerin Petrografik İncelemeleri. 25. Arkeometri Sonuçları Toplantısı, 2010. 411-429.
- 16 Tamsü Polat R., Akyol A.A., Kadioğlu Y.K. Teos Hellenistik Dönem Surları Çevresindeki Sondajlarda Bulunan Seramiklerin Arkeolojik ve Arkeometrik Ön Çalışmaları, Selevcia Ad Calycadnm, Olba Kazısı Yayınları, Sayı: V-2015, 2015. 207-220.
- 17 Tekkök B., Akyol A.A., Kadioğlu Y.K., Demirci Ş. Bir Grup Troia Seramiğinde Sır ve Malzeme Analizleri, 23. Arkeometri Sonuçları Toplantısı, 2008. 173-186.
- 18 Tekkök B., Akyol A.A., Kadioğlu Y.K. ve Demirci Ş. The Importance of Archaeometric Analysis on Ceramics from Archaeological Excavations: The Example of Early Roman Glazed Ware from Tarsus and Troia (Ilion). Proceedings of the 1st International Ceramic, Glass, Porcelain, Enamel, Glaze and Pigment Congress-SERES'09, 2009. 101-121.
- 19 Tekkök B., Akyol A.A., Kadioğlu Y.K., Albuz G. Thyatira Seramik Çalışmaları 2014 Arkeometrik Analiz Sonuçları, 31. Arkeometri Sonuçları Toplantısı, Erzurum, 2016. 311-330.
- 20 Kerr P.F. Optical Mineralogy, McGraw-Hill Co. First Ed'n. New York. 1977.
- 21 Rapp G. Archaeomineralogy, Springer-Verlag, Berlin. 2002.
- 22 Shackley M.S. (Ed.). X-Ray Fluorescence Spectrometry (XRF) in Geoarchaeology, DOI 10.1007/978-1-4419-6886-9-2, Springer Publication. 2011.
- 23 Rice P. M. Pottery Analysis, A Source Book, The University of Chicago Press Ltd. 1987.

References:

- 1 Sizdikov B.S., Qozha M.B., Seraliev A.A. Keles onirindegi ezhelgi Kultobe qalashygynyn topografijalyq qurylymy // Abai atyndagy qazaq ulttyq pedagogikalyq universiteti habarshysy «Tarih zhane sayasi-aleumettik gylymdar» seriasy, №3(78), 2023. c.225-243.
- 2 Podushkin A.N., Donets, A.G. O pervonachalnom issledovanii arheologicheskikh obektov urochishhe Myntobe / «Qazaqstannyn tarihi madeni murasy: zertteu, tusindiru zhane saqtau maseleleri» atty «X Orazbaev oqulary» halyqaralyq gylymi-adistemelik konferensia materialdary. – Almaty: «Qazaq universiteti», 2018. – c.99-104.
- 3 Eleuov M., Taleev D., Esenov S., Moldahmet A. Ezhelgi Kultobe qalasy men Myntobe qorymynda 2017 – 2018 zhyldary zhurgizilgen zertteu zhumystary // «Ortalyq Azianyn ezhelgi zhane dastyrlı qogamdarynyn tarihi – madeni murasy: zertteu, tusindiru zhane saqtau maseleleri» atty «XII Orazbaev oqulary» halyqaralyq gylymi – adistemelik konferensia materialdary. 17 – 18 sauir. Almaty: Qazaq universiteti, 2020. – c.195 – 200.
- 4 Bayazit M., Akyol A.A. Medeniyetler Arasındaki Etkileşim Köprüsü: Seramik (Arkeometrik Yaklaşım), 9. Uluslararası Eskişehir Pişmiş Toprak Sempozyumu, 5-20 Eylül 2015, 9. Uluslararası Eskişehir Pişmiş Toprak Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Tepebaşı Belediyesi Yayınları, Eskişehir, 2015. 68-78.
- 5 Ökse A.T. Arkeolojik Çalışmalarda Seramik Değerlendirme Yöntemleri, Arkeoloji ve Sanat Yayınları. 2002.
- 6 Bayazit M., Akyol A.A., Ersan Eruş H.Ö., Taşkıran G. Spectroscopic Techniques in Ceramic Archaeometry (FTIR, RAMAN) - Seramik Arkeometrisinde Spektroskopik Yöntemler (FTIR, RAMAN), 10. Uluslararası Eskişehir Pişmiş Toprak Sempozyumu Bildiri Kitabı, Eskişehir, 2016. 647-657.
- 7 Akyol A.A., Tekkök, B. Kadioğlu Y.K., Demirci Ş. Tarsus, Gözlükule Erken Roma Dönemi Seramikleri Arkeometrik Çalışmaları. 22. Arkeometri Sonuçları Toplantısı, 2007. 99-114.
- 8 Akyol A.A., Demirci Ş., Türkmenoğlu A.G. “Archaeometric Studies on the Surface Pottery from Galatian Hilltop Sites”, Recent Studies on the Archaeology of Anatolia (Ed. Ergün Laflı ve Sami Patacı), BAR International Series 2750, England, 2015. 287-296.
- 9 Akyol A.A., Aydın M. Olba Kazısı Seramik Buluntuları Arkeometrik Analizleri, Selevcia Ad Calycadnm, Olba Kazısı Yayınları, Sayı: VI-2016, 2016. 413-431.

- 10 Akyol A.A., Aydın S. Olba Kazısı Tiyatro Seramik Buluntuları Arkeometrik Çalışmaları, *Selevcia Ad Calycadnym*, Olba Kazısı Yayınları, Sayı: VII-2017, 2017. 421-438.
- 11 Akyol A.A., Özdemir A., Kılınç Z. Murat Tepe Kazısı (Bingöl, Doğu Anadolu) Bizans Dönemi Seramikleri Arkeometrik Analizleri, *SRMKA 2020-Seramik Araştırmaları Dergisi*, Sayı: 2, 2020. 136-157.
- 12 Akyol A.A., Hüryılmaz H. Yenibademli Höyük Erken Tunç Çağ Seramiklerinde Arkeometrik Analizler, *Parion Studies III Propontis ve Çevre Kültürleri - Propontis and Surrounding Cultures* (Ed. Vedat Keleş), Ege Yayınları, 2021. 75-84.
- 13 Akyol A.A., Özdemir A. [Ayşe]. Murat Tepe Urartu Dönemi Seramiklerinin Arkeometrik Analizleri & Archaeometric Analyses of Urartian Period Ceramics from Murat Tepe, *Murat Nehri Kıyısında Bir Urartu Yerleşimi Murat Tepe* (Ed. Abdulkadir Özdemir ve Ziya Kılınç), Ege Yayınları, 2021a . 147-164.
- 14 Akyol A.A., Özdemir A. Murat Tepe Bizans Dönemi Seramiklerinin Arkeometrik Analizleri & Archaeometric Analyses of Byzantine Period Ceramics from Murat Tepe, *Murat Nehri Kıyısında Bir Urartu Yerleşimi Murat Tepe* (Ed. Abdulkadir Özdemir ve Ziya Kılınç), Ege Yayınları, 2021b . 183-196.
- 15 Aygün Ç.Ö., Kadioğlu Y.K., Akyol A.A. Elazığ, Hazar Gölü Altındaki Batık Yerleşimlere Ait Seramiklerin Petrografik İncelemeleri. 25. Arkeometri Sonuçları Toplantısı, 2010. 411-429.
- 16 Tamsü Polat R., Akyol A.A., Kadioğlu Y.K. Teos Hellenistik Dönem Surları Çevresindeki Sondajlarda Bulunan Seramiklerin Arkeolojik ve Arkeometrik Ön Çalışmaları, *Selevcia Ad Calycadnym*, Olba Kazısı Yayınları, Sayı: V-2015, 2015. 207-220.
- 17 Tekkök B., Akyol A.A., Kadioğlu Y.K., Demirci Ş. Bir Grup Troia Seramiğinde Sır ve Malzeme Analizleri, 23. Arkeometri Sonuçları Toplantısı, 2008. 173-186.
- 18 Tekkök B., Akyol A.A., Kadioğlu Y.K. ve Demirci Ş. The Importance of Archaeometric Analysis on Ceramics from Archaeological Excavations: The Example of Early Roman Glazed Ware from Tarsus and Troia (Ilion). *Proceedings of the 1st International Ceramic, Glass, Porcelain, Enamel, Glaze and Pigment Congress-SERES'09*, 2009. 101-121.
- 19 Tekkök B., Akyol A.A., Kadioğlu Y.K., Albuz G. Thyatira Seramik Çalışmaları 2014 Arkeometrik Analiz Sonuçları, 31. Arkeometri Sonuçları Toplantısı, Erzurum, 2016. 311-330.
- 20 Kerr P.F. *Optical Mineralogy*, McGraw-Hill Co. First Ed'n. New York. 1977.
- 21 Rapp G. *Archaeomineralogy*, Springer-Verlag, Berlin. 2002.
- 22 Shackley M.S. (Ed.). *X-Ray Fluorescence Spectrometry (XRF) in Geoarchaeology*, DOI 10.1007/978-1-4419-6886-9-2, Springer Publication. 2011.
- 23 Rice P. M. *Pottery Analysis, A Source Book*, The University of Chicago Press Ltd. 1987.